

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月16日(16.11.2017)



(10) 国際公開番号

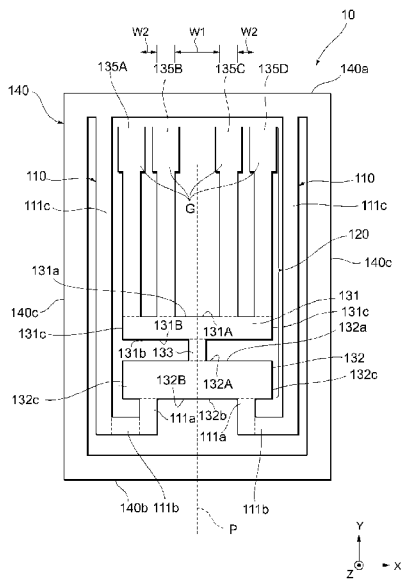
WO 2017/195416 A1

- (51) 国際特許分類:
H03H 9/24 (2006.01) *H01L 41/187* (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01) *H03H 9/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/004266
- (22) 国際出願日: 2017年2月6日(06.02.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-094916 2016年5月10日(10.05.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1
丁目 1 0 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 廣田 和 香 奈 (HIROTA, Wakana);
〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 1 0 番
1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).

- (74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.);
〒1066123 東京都港区六本木 6 - 1 0 -
1 六本木ヒルズ森タワー 2 3 階 T M I
総合法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: RESONATOR AND RESONANCE DEVICE

(54) 発明の名称: 共振子及び共振装置



TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：共振子において、共振周波数のシフトを抑制する。各々が固定端と開放端とを有する3本以上の振動腕であって、少なくとも2本が異なる位相で面外屈曲する、3本以上の振動腕、3本以上の振動腕の固定端に接続される第1前端、及び当該第1前端に対向する第1後端を有する第1基部、第1基部の第1後端に対向する第2前端、及び当該第2前端に対向する第2後端を有する第2基部、並びに一端が第1基部の第1後端の中央付近に接続され、他端が第2基部の第2前端の中央付近に接続される連結部を有する振動部と、振動部の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部と、振動部と保持部との間に設けられ、一端が第2基部に接続され、他端が保持部に接続される保持腕と、を備える。

明 細 書

発明の名称：共振子及び共振装置

技術分野

[0001] 本発明は、複数の振動腕が面外の屈曲振動モードで振動する共振子及び共振装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いた共振装置が例えばタイミングデバイスとして用いられている。この共振装置は、スマートフォンなどの電子機器内に組み込まれるプリント基板上に実装される。共振装置は、下側基板と、下側基板との間でキャビティを形成する上側基板と、下側基板及び上側基板の間でキャビティ内に配置された共振子と、を備えている。

[0003] 例えば特許文献1には、複数の振動腕を備えた共振子が開示されている。この共振子では、振動腕はその固定端で基部の前端に接続されており、基部は、前端とは反対側の後端で支持部に接続されている。支持部は、例えば下側基板及び上側基板の間に挟み込まれる基台に接続されている。特許文献1の図1の例では、振動腕に印加される電界が互いに逆方向に設定されることによって、内側の振動腕と外側の2本の振動腕との間で互いに逆位相の振動が実現される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5071058号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 逆位相の振動時、特許文献1の図1(c)に示されるように、Y軸に平行に延びる中心軸回りで各振動腕に捩れモーメントが発生する。この捩れモーメントによって、共振子の基部では、隣接する逆位相で振動する振動腕の中

心軸同士の間で、当該中心軸に平行に規定される回転軸回りに屈曲振動が発生する。この振動は基部から支持部を通じて基台に伝達される。基台は下側基板及び上側基板の間に保持されているので、基台である程度の振動が減衰される。本発明者らは、この振動の減衰が、振動腕の振動の振幅が大きい場合に、共振波形を歪ませ、共振周波数をシフトさせることを発見した。共振周波数のシフトは共振特性や位相ノイズへの影響が大きいため、改善が求められている。

[0006] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、共振子において、共振周波数のシフトを抑制することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一側面に係る共振子は、各々が固定端と開放端とを有する3本以上の振動腕であって、少なくとも2本が異なる位相で面外屈曲する、3本以上の振動腕、3本以上の振動腕の固定端に接続される第1前端、及び当該第1前端に対向する第1後端を有する第1基部、第1基部の第1後端に対向する第2前端、及び当該第2前端に対向する第2後端を有する第2基部、並びに一端が第1基部の第1後端の中央付近に接続され、他端が第2基部の第2前端の中央付近に接続される連結部を有する振動部と、振動部の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部と、振動部と保持部との間に設けられ、一端が第2基部に接続され、他端が保持部に接続される保持腕と、を備える。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、共振子において、共振周波数のシフトを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第1実施形態に係る共振装置の外観を概略的に示す斜視図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る共振装置の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[図3]上側基板を取り外した本発明の第1実施形態に係る共振子の平面図であ

る。

[図4]図1のA-A'線に沿った断面図である。

[図5]本発明の第1実施形態に係る共振子の振動の変位量の分布を示す図である。

[図6]本発明の第1実施形態に係る共振子及び比較例の共振子の振動の変位量の分布を示す図である。

[図7]図3に対応し、上側基板を取り外した本発明の第2実施形態に係る共振子の平面図である。

[図8]図3に対応し、上側基板を取り外した本発明の第3実施形態に係る共振子の平面図である。

[図9]図3に対応し、上側基板を取り外した本発明の第4実施形態に係る共振子の平面図である。

[図10]図3に対応し、上側基板を取り外した本発明の第5実施形態に係る共振子の平面図である。

[図11]図3に対応し、上側基板を取り外した本発明の第6実施形態に係る共振子の平面図である。

発明を実施するための形態

[0010] [第1の実施形態]

以下、添付の図面を参照して本発明の第1実施形態について説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る共振装置1の外観を概略的に示す斜視図である。また、図2は、本発明の第1実施形態に係る共振装置1の構造を概略的に示す分解斜視図である。

[0011] この共振装置1は、共振子10と、共振子10を挟んで設けられた上蓋30及び下蓋20と、を備えている。すなわち、共振装置1は、下蓋20と、共振子10と、上蓋30とがこの順で積層されて構成されている。

[0012] また、共振子10と下蓋20及び上蓋30とが接合され、これにより、共振子10が封止され、また、共振子10の振動空間が形成される。共振子10、下蓋20及び上蓋30は、それぞれSi基板を用いて形成されている。

そして、共振子 10、下蓋 20 及び上蓋 30 は、Si 基板同士が互いに接合されて、互いに接合される。共振子 10 及び下蓋 20 は、SOI 基板を用いて形成されてもよい。

[0013] 共振子 10 は、MEMS 技術を用いて製造される MEMS 共振子である。なお、本実施形態においては、共振子 10 はシリコン基板を用いて形成されるものを例として説明するが、アモルファス Si や、SiC、SiGe、Ge、ガリヒ素、水晶などシリコン以外の基板を用いて形成されるものでもよい。

以下、共振装置 1 の各構成について詳細に説明する。

[0014] (1. 上蓋 30)

上蓋 30 は XY 平面に沿って平板状に広がっており、その裏面に例えば平たい直方体形状の凹部 31 が形成されている。凹部 31 は、側壁 33 に囲まれており、共振子 10 が振動する空間である振動空間の一部を形成する。

[0015] (2. 下蓋 20)

下蓋 20 は、XY 平面に沿って設けられる矩形平板状の底板 22 と、底板 22 の周縁部から Z 軸方向（すなわち、下蓋 20 と共振子 10 との積層方向）に延びる側壁 23 とを有する。下蓋 20 には、共振子 10 と対向する面において、底板 22 の表面と側壁 23 の内面とによって形成される凹部 21 が設けられる。凹部 21 は、共振子 10 の振動空間の一部を形成する。上述した上蓋 30 と下蓋 20 とによって、この振動空間は気密に封止され、真空状態が維持される。この振動空間には、例えば不活性ガス等の気体が充填されてもよい。

[0016] (3. 共振子 10)

図 3 は、本実施形態に係る、共振子 10 の構造を概略的に示す平面図である。図 3 を用いて本実施形態に係る共振子 10 の、各構成について説明する。共振子 10 は、振動部 120 と、保持部 140 と、保持腕 110 とを備えている。

[0017] (a) 振動部 120

振動部 120 は、図 3 の直交座標系における X Y 平面に沿って広がる矩形の輪郭を有している。振動部 120 は、保持部 140 の内側に設けられており、振動部 120 と保持部 140 との間には、所定の間隔で空間が形成されている。図 3 の例では、振動部 120 は、第 1 基部 131 と第 2 基部 132 と、連結部 133 と、4 本の振動腕 135 A ~ 135 D（まとめて「振動腕 135」とも呼ぶ。）とを有している。なお、振動腕の数は、4 本に限定されず、例えば 3 本以上の任意の数に設定される。

[0018] 第 1 基部 131 は、平面視において、X 軸方向に長辺 131 a、131 b、Y 軸方向に 2 つの短辺 131 c を有している。長辺 131 a は、図 2 に示した第 1 基部 131 の前端の面 131 A（以下、「第 1 前端 131 A」とも呼ぶ。）の一つの辺であり、長辺 131 b は第 1 基部 131 の後端の面 131 B（以下、「第 1 後端 131 B」とも呼ぶ。）の一つの辺である。第 1 基部 131 において、第 1 前端 131 A と第 1 後端 131 B とは互いに対向するように設けられている。第 1 基部 131 は第 1 前端 131 A において、後述する振動腕 135 に接続されている。

[0019] 第 1 基部 131 において、第 1 前端 131 A から第 1 後端 131 B に向かう方向における、第 1 前端 131 A と第 1 後端 131 B との最長距離である基部長（図 3 においては短辺 131 c の長さ）は 40 μm 程度である。また、基部長方向に直交する幅方向であって、第 1 基部 131 の左端と右端との最長距離である基部幅（図 3 においては長辺 131 a の長さ）は 265 μm 程度である。

[0020] なお、第 1 基部 131 は、図 3 の例では平面視において、略長方形の形状を有しているがこれに限定されず、長辺 131 a の垂直二等分線に沿って Z 軸方向に規定される仮想平面 P に対して略面对称に形成されていればよい。第 1 基部 131 は、例えば、長辺 131 b が 131 a より短い台形や、長辺 131 a を直径ないし弦とする半円ないし弓形の形状であってもよい。また、長辺 131 a、131 b、短辺 131 c は直線に限定されず、曲線であってもよい。

[0021] 第2基部132は、Y軸方向において、第1基部131から離間して設けられている。第2基部132は、X軸方向に長辺132a、132b、Y軸方向に2つの短辺132cを有している。長辺132aは、図2に示した第2基部132の前端の面132A（以下、「第2前端132A」とも呼ぶ。）の一つの辺であり、長辺132bは第2基部132の後端の面132B（以下、「第2後端132B」とも呼ぶ。）の一つの辺である。第2基部132において、第2前端132Aと第2後端132Bとは互いに対向するように設けられている。さらに、第2基部132の第2前端132Aは、第1基部131の第1後端131Bと対向するように設けられている。また、第2基部132は、長辺132bにおいて、後述する保持腕110によって保持部140に接続され、保持されている。

[0022] 第2基部132において、第2前端132Aから第2後端132Bに向かう方向における、第2前端132Aと第2後端132Bとの最長距離である基部長（図3においては短辺132cの長さ）は35 μ m程度である。また、基部長方向に直交する幅方向であって、第2基部132の左端と右端との最長距離である基部幅（図3においては長辺132aの長さ）は265 μ m程度である。

[0023] なお、第2基部132は、図3の例では平面視において、略長方形の形状を有しているがこれに限定されず、長辺132aの垂直二等分線に沿って規定される仮想平面Pに対して略面对称に形成されていればよい。第2基部132は、例えば、長辺132bが132aより短い台形や、長辺132aを直径ないし弦とする半円ないし弓形の形状であってもよい。また、長辺132a、132b、短辺132cは直線に限定されず、曲線であってもよい。

[0024] 各振動腕135は、Y軸方向に延び、それぞれ同一のサイズを有している。振動腕135は、それぞれが第1基部131と保持部140との間にY軸方向に平行に設けられ、一端は、第1基部131の第1前端と接続されて固定端となっており、他端は開放端となっている。さらに、振動腕135は、それぞれ、X軸方向に所定の間隔で、並列して設けられている。本実施形態

において、各振動腕 135 は、第 1 基部 131 と一体に形成されている。なお、振動腕 135 は、例えば X 軸方向の幅が $50\ \mu\text{m}$ 程度、Y 軸方向の長さが $420\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0025] また、振動腕 135 はそれぞれ開放端に、錘 G を有している。錘 G は、振動腕 135 の他の部位よりも X 軸方向の幅が広い。錘 G は、例えば、X 軸方向の幅が $60\ \mu\text{m}$ 程度である。錘 G は、例えば振動腕 135 と同一プロセスによって一体形成される。錘 G が形成されることで、振動腕 135 は、単位長さ当たりの重さが、固定端側よりも開放端側の方が重くなっている。従って、振動腕 135 が開放端側にそれぞれ錘 G を有することで、各振動腕における上下方向の振動の振幅を大きくすることができる。

[0026] 本実施形態の振動部 120 では、X 軸方向において、外側に 2 本の振動腕 135 A、135 D（それぞれ第 2 振動腕の一例である。）が配置されており、内側に 2 本の振動腕 135 B、135 C（それぞれ第 1 振動腕の一例である。）が配置されている。X 軸方向における、振動腕 135 B と 135 C との間隔 W1 は、X 軸方向における、外側の振動腕 135 A（135 D）と当該外側の振動腕 135 A（135 D）に隣接する内側の振動腕 135 B（135 C）との間の間隔 W2 よりも大きく設定される。間隔 W1 は例えば $25\ \mu\text{m}$ 程度、間隔 W2 は例えば $20\ \mu\text{m}$ 程度である。間隔 W2 は間隔 W1 より小さく設定することにより、振動特性が改善される。また、共振装置 1 の小型化できるように、間隔 W1 を間隔 W2 よりも小さく設定してもよいし、等間隔にしても良い。

[0027] 連結部 133 は、第 1 基部 131 の第 1 後端 131 B と第 2 基部 132 の第 2 前端 132 A とを接続する。連結部 133 は、一端が、第 1 後端 131 B の略中央付近において接続され、そこから第 1 後端 131 B に垂直な方向に沿って延びている。連結部 133 の一端は、内側の振動腕である振動腕 135 B、135 C（詳細については図 4 を用いて説明するが、内側の振動腕 135 B、135 C は同位相に振動する。）における、外側の振動腕 135 A、135 D に隣接する面よりも内側において、第 1 後端 131 B に接続さ

れることが好ましい。なお、本実施形態においては、連結部 133 は、振動腕 135 B と振動腕 135 C との間において、第 1 後端 131 B に接続されている。

[0028] 連結部 133 の他端は、第 2 前端 132 A の略中央付近において、第 2 基部 132 に接続される。なお、連結部 133 の他端は、少なくとも第 2 前端 132 A のほぼ中央付近に接続されていればよく、第 2 前端 132 A の中央付近以外にも接続されていてもよい。例えば連結部 133 は他端が一端よりも大きい四角錐台形状でもよく、この場合、連結部 133 の他端が第 2 前端 132 A の全面に接続される構成でもよい。

[0029] さらに、本実施形態に係る振動部 120 は、複数の連結部 133 を備える構成でもよい。この場合、複数の連結部 133 はいずれも、第 1 後端 131 B における、内側の振動腕である振動腕 135 B、135 C における、外側の振動腕 135 A、135 D に隣接する面よりも内側において、第 1 基部 131 に接続される構成でもよい。

[0030] (b) 保持部 140

保持部 140 は、XY 平面に沿って矩形の枠状に形成される。保持部 140 は、平面視において、XY 平面に沿って振動部 120 の外側を囲むように設けられる。なお、保持部 140 は、振動部 120 の周囲の少なくとも一部に設けられていればよく、枠状の形状に限定されない。例えば、保持部 140 は、振動部 120 を保持し、また、上蓋 30 及び下蓋 20 と接合できる程度に、振動部 120 の周囲に設けられていればよい。

[0031] 本実施形態においては、保持部 140 は枠体 140 a、140 b、及び 2 本の 140 c からなる。なお、図 2 に示すように、枠体 140 a ~ 140 c は、一体形成される角柱形状を有している。

[0032] 枠体 140 a は、図 3 に示すように、振動腕 135 の開放端に対向して、長手方向が X 軸に平行に設けられる。枠体 140 b は、第 2 基部 132 の第 2 後端 132 B に対向して、長手方向が X 軸に平行に設けられる。2 本の枠体 140 c は、それぞれ後述する保持腕 110 の腕 111 c の長辺に対向し

て、長手方向がY軸に平行に設けられ、その両端で枠体140a、140bの一端にそれぞれ接続される。

[0033] (c) 保持腕110

保持腕110は、保持部140の内側に設けられ、第2基部132の第2後端131Bもしくは右端、及び左端（短辺132c）と枠体140c、もしくは枠体140aとを接続する。本実施形態においては、保持腕110は、第2基部132の第2後端132Bと枠体140aとを接続する。

[0034] 保持腕110は、一体に形成され、角柱板状の腕111a、111b、及び111cを有している。本実施形態において、保持腕110は、基部130のX軸方向の中心線に沿ってYZ平面に平行に規定される仮想平面Pに対して略面对称に形成される。

[0035] 腕111aは、図3に示すように、第2基部132と枠体140bとの間に、枠体140cに対向して、長手方向がY軸に平行になるように設けられている。腕111aは、一端が第2基部132の第2後端132Bにおいて第2基部132と接続しており、そこから第2後端132Bに対して略垂直、すなわち、Y軸方向に延びている。腕111aのX軸方向の中心を通る軸は、第1基部131の第1前端において外側に設けられた振動腕135A（135D）よりも内側に設けられることが望ましく、図3の例では、腕111aは、振動腕135A（135D）と135B（135C）との間に設けられている。

腕111aの他端は、その側面（YZ平面上の面）において、腕111bの一端に接続されている。腕111aは、Y軸方向に規定される幅が20 μ m程度であり、X軸方向に規定される長さが40 μ mである。

[0036] また、腕111bは、第2基部132と枠体140bとの間に、枠体140bに対向して、長手方向がX軸に平行になるように設けられている。腕111bは、一端が、腕111aの他端であって枠体140cに対向する側（外側）の側面に接続し、腕111bの他端は、腕111cの一端における、第2基部132の側面と対向する側の側面に接続している。腕111bは、

例えばX軸方向に規定される長さが75 μm 程度であり、Y軸方向に規定される幅が20 μm 程度である。

[0037] 腕111cは、振動腕135Aと枠体140cとの間に、枠体140cに対向して、長手方向がY軸に平行になるように設けられている。腕111cの他端は、枠体140aに振動腕135と対向する位置よりも外側において接続される。腕111cは、例えばY軸方向に規定される長さが620 μm 程度、X軸方向に規定される幅が20 μm 程度である。

[0038] 以上のとおり、本実施形態に係る保持腕110は、腕111aの一端において第2基部132と接続し、腕111aの他端における側面と腕111bとの接続箇所において折れ曲がり、腕111bと腕111cとの接続箇所でも再度折れ曲がった後に、保持部140へと接続する構成となっている。このように、本実施形態に係る保持腕110は、折れ曲がる構成となっているため、第2基部132の屈曲変位を阻害することなく、第2基部132を保持することができる。その結果、大振幅駆動時における周波数の上昇を低減することが可能になる。この結果、本実施形態に係る共振子10は、共振周波数のシフトを抑制することができる。なお、保持腕110は、各腕の接続箇所において直角に折れ曲がっている形状に限定されない。保持腕110における、各腕の接続箇所は曲線の形状であってもよい。

[0039] (4. 積層構造)

図4を用いて共振装置1の積層構造について説明する。図4は、図1のA-A'断面図である。

[0040] 図4に示すように、本実施形態に係る共振装置1では、下蓋20の側壁23上に共振子10の保持部140が接合され、さらに共振子10の保持部140と上蓋30の側壁33とが接合される。このように下蓋20と上蓋30との間に共振子10が保持され、下蓋20と上蓋30と共振子10の保持部140とによって、振動腕135が振動する振動空間が形成される。

[0041] 下蓋20の底板22及び側壁23は、Si（シリコン）ウエハS1により、一体的に形成されている。側壁23の上面には酸化ケイ素（例えばSiO₂

(二酸化ケイ素)) 層F 1が形成されており、この酸化ケイ素層F 1によって、下蓋20と共振子10の保持部140と接合されている。Z軸方向に規定される下蓋20の厚みは例えば、 $150\mu\text{m}$ 、凹部21の深さは例えば $50\mu\text{m}$ である。

[0042] 上蓋30は、所定の厚みのSi(シリコン)ウエハS2により形成されている。図4に示すように、上蓋30はその周辺部(側壁33)で共振子10の保持部140と接合されている。上蓋30の周縁部と保持部140との間には、上蓋30と保持部140とを接合するために、接合部Hが形成されている。接合部Hは、例えばAu(金)膜及びSn(錫)膜によって形成されている。

[0043] 共振子10では、保持部140、基部130、振動腕135、保持腕110は、同一プロセスで一体的に形成される。共振子10では、まず、Si(シリコン)基板F2(基板の一例である。)の上に、金属層E1が積層されている。そして、金属層E1の上には、金属層E1を覆うように圧電薄膜F3(圧電体の一例である。)が積層されており、さらに、圧電薄膜F3の上には、金属層E2が積層されている。

[0044] Si基板F2は、例えば、厚さ $10\mu\text{m}$ 程度の縮退したn型Si半導体から形成されており、n型ドーパントとしてP(リン)やAs(ヒ素)、Sb(アンチモン)などを含むことができる。特に、振動腕135とn型Si半導体から構成されたSi基板F2の[100]結晶軸またはこれと等価な結晶軸とのなす回転角は、0度より大きく15度以下(又は0度以上15度以下でもよい)、または75度以上90度以下の範囲内にあることが好ましい。なお、ここで回転角とは、Si基板F2の[100]結晶軸またはこれと等価な結晶軸に沿った線分に対して保持腕110が伸びる方向の角度をいう。

また、Si基板F2に用いられる縮退Siの抵抗値は $0.5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上 $0.9\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であることが望ましい。本実施形態で用いられる縮退Siの抵抗値は、たとえば $0.63\text{m}\Omega\cdot\text{cm}$ である。さらにSi基板F

2の下面には酸化ケイ素（例えば SiO_2 ）層F1及び温度特性補正層F2'が形成されている。これにより、温度特性を向上させることが可能になる。尚、酸化ケイ素層F1層を省き、温度特性補正層F2'により、下蓋20と共振子10の保持部140とを接合する事も可能である。本実施形態において、少なくとも基部130、振動腕135、及び保持腕110は、同一のSi基板F2及び同一の温度特性補正層F2'によって一体に形成される。

[0045] 本実施形態において、温度特性補正層F2'とは、当該温度特性補正層F2'をSi基板F2に形成しない場合と比べて、Si基板F2に温度特性補正層F2'を形成した時の振動部における周波数の温度係数（すなわち、温度当たりの変化率）を、少なくとも常温近傍において低減する機能を持つ層をいう。振動部120が温度特性補正層F2'を有することにより、例えば、Si基板F2と金属層E1、E2と圧電薄膜F3及び温度特性補正層F2'による積層構造体の共振周波数の、温度に伴う変化を低減することができる。

[0046] 共振子10においては、温度特性補正層F2'は、均一の厚みで形成されることが望ましい。なお、均一の厚みとは、温度特性補正層F2'の厚みのばらつきが、厚みの平均値から±20%以内であることをいう。

[0047] なお、温度特性補正層F2'は、Si基板F2の上面に形成されてもよいし、Si基板F2の上面と下面の双方に形成されてもよい。

また、保持部140においては、Si基板F2の下面に温度特性補正層F2'が形成されなくてもよい。

[0048] また、金属層E2、E1は、例えば厚さ0.1 μm 程度のMo（モリブデン）やアルミニウム（Al）等を用いて形成される。なおSi基板F2として、縮退したSiを用いることで、Si基板F2が金属層E1を兼ねることができる。

[0049] 金属層E2、E1は、エッチング等により、所望の形状に形成される。金属層E1は、例えば振動部120上においては、下部電極（電極層の一例である。）として機能するように形成される。また、金属層E1は、保持腕1

10や保持部140上においては、共振子10の外部に設けられた交流電源に下部電極を接続するための配線として機能するように形成される。

[0050] 他方で、金属層E2は、振動部120上においては、上部電極（電極層の一例である。）として機能するように形成される。また、金属層E2は、保持腕110や保持部140上においては、共振子10の外部に設けられた交流電源に上部電極を接続するための配線として機能するように形成される。

[0051] なお、交流電源から下部配線または上部配線への接続にあたっては、上蓋30の外面に電極を形成して、当該電極が交流電源と下部配線または上部配線とを接続する構成や、上蓋30内にビアを形成し、当該ビアの内部に導電性材料を充填して配線を設け、当該配線が交流電源と下部配線または上部配線とを接続する構成が用いられてもよい。

[0052] 圧電薄膜F3は、印加された電圧を振動に変換する圧電体の薄膜であり、例えば、AlN（窒化アルミニウム）等の窒化物や酸化物を主成分とすることができる。具体的には、圧電薄膜F3は、ScAlN（窒化スカンジウムアルミニウム）により形成することができる。ScAlNは、窒化アルミニウムにおけるアルミニウムの一部をスカンジウムに置換したものである。また、圧電薄膜F3は、例えば、1 μ mの厚さを有する。

[0053] 圧電薄膜F3は、金属層E2、E1によって圧電薄膜F3に印加される電界に応じて、XY平面の面内方向すなわちY軸方向に伸縮する。この圧電薄膜F3の伸縮によって、振動腕135は、下蓋20及び上蓋30の内面に向かってその開放端を変位させ、面外の屈曲振動モードで振動する。

[0054] 本実施形態では、外側の振動腕135A、135Dに印加される電界の位相と、内側の振動腕135B、135Cに印加される電界の位相とが互いに逆位相になるように設定される。これにより、外側の振動腕135A、135Dと内側の振動腕135B、135Cとが互いに逆方向に変位する。例えば、外側の振動腕135A、135Dが上蓋30の内面に向かって開放端を変位すると、内側の振動腕135B、135Cは下蓋20の内面に向かって開放端を変位する。

[0055] 以上のような共振装置 1 では、逆位相の振動時、すなわち、図 4 に示す振動腕 1 3 5 A と振動腕 1 3 5 B との間で Y 軸に平行に延びる中心軸 r 1 回りに振動腕 1 3 5 A と振動腕 1 3 5 B とが上下逆方向に振動する。また、振動腕 1 3 5 C と振動腕 1 3 5 D との間で Y 軸に平行に延びる中心軸 r 2 回りに振動腕 1 3 5 C と振動腕 1 3 5 D とが上下逆方向に振動する。これによって、中心軸 r 1 と r 2 とで互いに逆方向の振れモーメントが生じ、基部 1 3 0 で屈曲振動が発生する。

[0056] (5. ノード点)

図 5 及び図 6 を用いて、本実施形態に係る連結部 1 3 3 によって生成されるノードについて説明する。図 5 及び図 6 は、本実施形態又は比較例の共振子 1 0 において、振動部 1 2 0 の振動による、振動部 1 2 0 の変位量の分布を模式的に示す図である。図 5、6 では、共振子 1 0 のうち、振動腕 1 3 5 A、1 3 5 B と第 1 基部 1 3 1 と、第 2 基部 1 3 2 を拡大してそれらの変位量を示している。図 5、6 において、色の濃い箇所は、色の薄い箇所に比べて、変位が大きいことを示している。具体的には、黒ないしグレースケールによって濃淡を表している箇所は Z 軸正の方向に沿った変位を示し、ハッチングによって濃淡を表している箇所は Z 軸負の方向に沿った変位を示している。なお、白い箇所は変位量が 0 (ゼロ) の箇所、すなわちノード点ないしノード点が集合したノードラインを示している。

[0057] 図 4 において上述したように、外側の振動腕 1 3 5 A と内側の振動腕 1 3 5 B とが逆位相で振動すると、振動腕 1 3 5 A と 1 3 5 B との間の変位は、同位相で振動する場合よりも少なくなる一方で、中心軸 r 1 に振れモーメントが生じる。これに対して、第 1 基部 1 3 1 の中央 (振動腕 1 3 5 B における、振動腕 1 3 5 A に隣接する面より内側) の領域には、同位相で振動する振動腕 1 3 5 B、1 3 5 C が接続されている。このため、この領域では、振動腕 1 3 5 が伸びる方向を軸とする振れモーメントが小さい。従って、第 1 基部 1 3 1 は第 1 後端 1 3 1 B の中央において連結部 1 3 3 に接続されることで、第 2 基部 1 3 2 に伝達される振れモーメントの影響を小さくすること

ができる。この結果、第2基部132において生成されるノードラインの方向を、幅方向に沿った方向に近づけることができる。従って、保持腕110が第2基部132に接続可能な領域のうち、保持腕110が捩れモーメントの影響を受けにくい領域を広げることが可能になる。これによって、第2基部132から保持腕110への振動漏れの影響を低減することが可能となり、振動部120の振動が阻害されることを防ぐことができるので、共振装置1の共振周波数のシフトを抑制することができる。

[0058] 図6(A)～(D)は、比較例の共振子(図6(A)、(B))と、本発明に係る共振子10(図6(C)、(D))とで生成されるノードラインNの違いを示す図である。

[0059] 図6(A)では、連結部133は、振動腕135Aと135Bとの間において、第1基部131に接続されている。また図6(B)では、振動腕135Aと135Bとの間であって、振動腕135B寄りの領域において、連結部133は第1基部131に接続されている。

[0060] 上述の通り振動腕135Aと135Bとの間には捩れモーメントが発生している。従って、連結部133が振動腕135Aと135Bとの間の領域近辺に接続された場合、この捩れモーメントは、連結部133を通じて、第2基部132に伝達されるため、第2基部132における変位量の分布は、第1基部131と同様になる。この結果、図6(A)、(B)に示すように、第2基部132でのノードラインNは、第2基部132の幅方向に略垂直な方向に生成されることになる。この場合、第2後端132Bの変位量の小さい個所、すなわちノードラインNは狭い範囲に限定されてしまう。そうすると、例えば、製造過程において保持腕110をノードラインNにおいて第2後端132Bに接続しようとしたものの、ノードラインNからずれてしまった場合、振動部120の振動が保持腕110へ漏れてしまいますため、振動部120の振動が阻害されてしまう。

[0061] 他方で、図6(C)、(D)に示すように、本実施形態に係る共振子10は、連結部133が振動腕135Bにおける、振動腕135Aに隣接する面

より内側において、第１後端１３１Ｂに接続されている。これによって、第２基部１３２の第２後端１３２Ｂに生成されるノードラインＮの方向を、幅方向に沿った方向にすることが可能になり、保持腕１１０が捩れモーメントの影響を受けることなく、第２基部１３２に接続される領域を広げることが可能になる。これによって製造過程において、保持腕１１０の接続位置にばらつきが生じた場合であっても、振動部１２０の振動が保持腕１１０へ漏れることによって、振動部１２０の振動が阻害されることを防ぐことができ、これにより共振装置の共振周波数のシフトを抑制することができる。

[0062] [第２の実施形態]

第２の実施形態以降では第１の実施形態と共通の事柄についての記述を省略し、異なる点についてのみ説明する。特に、同様の構成による同様の作用効果については実施形態毎には逐次言及しない。

[0063] 図７は、本実施形態に係る、共振子１０の平面図の一例を示す図である。以下に、本実施形態に係る共振装置１の詳細構成のうち、第１の実施形態との差異点を中心に説明する。

[0064] 本実施形態では、振動部１２０は、第２基部１３２の第２後端１３２Ｂに接続される保持腕１１０によって、枠体１４０ｃにおいて保持部１４０に接続されている。また、振動腕１３５はいずれも錘Ｇを有していない。すなわち、振動腕１３５はそれぞれ固定端から開放端までの幅が一定である。その他の振動部１２０の構成は第１の実施形態と同様である。

[0065] 本実施形態では、保持腕１１０は、腕１１１ａ～１１１ｃに加え、腕１１１ｄを有している。保持腕１１０は、一端が第２後端１３２Ｂにおいて第２基部１３２に接続されており、そこから枠体１４０ｂに向かって延びている。そして、保持腕１１０は、枠体１４０ｃに向かう方向（すなわち、Ｘ軸方向）に屈曲し、枠体１４０ａに向かう方向（すなわち、Ｙ軸方向）に屈曲し、さらに枠体１４０ｃに向かう方向に屈曲して、他端が枠体１４０ｃに接続している。

[0066] 腕１１１ｃは、第２基部１３２と枠体１４０ｃとの間に、枠体１４０ｃに

対向して、長手方向がY軸方向に平行になるように設けられている。腕111cは、一端が、その側面において、腕111bに接続されている。また、腕111cの他端は、その側面において、腕111dの一端に接続されている。腕111cは、例えばX軸方向に規定される幅が $20\mu\text{m}$ 程度、Y軸方向に規定される長さが $620\mu\text{m}$ 程度である。

[0067] 腕111dは、振動腕135A（又は振動腕135D）と枠体140cとの間に、枠体140aに対向して、長手方向がX軸方向に平行になるように設けられている。腕111dの一端は、腕111cの他端であって枠体140cと対向する側（外側）の側面に接続している。また、腕111dは、他端が、振動腕135A（又は振動腕135D）の開放端の端部に対向する位置において、枠体140cと接続しており、そこから枠体140cに対して略垂直、すなわち、X軸方向に延びている。腕111dは、例えばY軸方向に規定される幅が $20\mu\text{m}$ 程度、X軸方向に規定される長さが $10\mu\text{m}$ 程度である。

[0068] このように本実施形態では、振動部120は、保持腕110によって、枠体140cに接続されている。保持腕110の屈曲箇所を増やすことによって、保持腕110におけるモーメントをより分散させ、共振周波数シフトの抑制効果をより向上させることができる。

その他の構成、効果は第1の実施形態と同様である。

[0069] [第3の実施形態]

図8は、本実施形態に係る、共振子10の平面図の一例を示す図である。以下に、本実施形態に係る共振装置1の詳細構成のうち、第2の実施形態との差異点を中心に説明する。

[0070] 本実施形態では、保持腕110の腕111cは、例えばX軸方向に規定される幅が $20\mu\text{m}$ 程度、Y軸方向に規定される長さが $320\mu\text{m}$ 程度であり、第2実施形態における腕111cよりもY軸方向に規定される長さが短い。そのため、腕111dは、他端が、枠体140cの中央付近の位置において、枠体140cと接続しており、そこから枠体140cに対して略垂直、

すなわち、X軸方向に延びている。

その他の構成、機能は第2の実施形態と同様である。

[0071] [第4の実施形態]

図9は、本実施形態に係る、共振子10の平面図の一例を示す図である。

以下に、本実施形態に係る共振装置1の詳細構成のうち、第2の実施形態との差異点を中心に説明する。

[0072] 本実施形態では、保持腕110は、腕111a～111dに加え、腕111eを有している。保持腕110は、一端が第2基部132の第2後端132Bに接続されており、そこから枠体140bに向かって延びている。そして、保持腕110は、それぞれ枠体140cに向かう方向（すなわち、X軸方向）に屈曲し、枠体140aに向かう方向（すなわち、Y軸方向）に屈曲し、再度枠体140dに向かう方向に屈曲し、さらに枠体140aに向かう方向に屈曲して、他端が枠体140aに接続している。

[0073] 腕111dは、振動腕135A（又は振動腕135D）と枠体140aとの間に、枠体140aに対向して、長手方向がX軸方向に平行になるように設けられている。腕111dの一端は、腕111cの他端であって振動腕135と対向する側（内側）の側面に接続し、そこから枠体140cに対して略垂直、すなわち、X軸方向に延びている。また、腕111dの他端は、腕111eの一端であって、枠体140cと対向する側の側面に接続している。腕111dは、例えばY軸方向に規定される幅が20μm程度、X軸方向に規定される長さが20m程度である。

[0074] 腕111eは、振動腕135A（又は振動腕135D）と枠体140aとの間に、枠体140cに対向して、長手方向がY軸方向に平行になるように設けられている。腕111eの一端は、その側面において、腕111dの他端に接続されている。また、腕111eの他端は、振動腕135Aの開放端と対向する位置において、枠体140aに接続し、そこから枠体140aに対して略垂直、すなわち、Y軸方向に延びている。なお、腕111eは、振動腕135Aの開放端よりも枠体140c側（外側）に形成されてもよい。

腕 1 1 1 e は、例えば X 軸方向に規定される幅が $20\ \mu\text{m}$ 程度、Y 軸方向に規定される長さが $40\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0075] このように本実施形態では、保持腕 1 1 0 の屈曲箇所を増やすことによって、保持腕 1 1 0 におけるモーメントをより分散させ、共振周波数シフトの抑制効果をより向上させることができる。

その他の構成、効果は第 2 の実施形態と同様である。

[0076] [第 5 の実施形態]

[0077] 図 1 0 は、本実施形態に係る、共振子 1 0 の平面図の一例を示す図である。以下に、本実施形態に係る共振装置 1 の詳細構成のうち、第 1 の実施形態との差異点を中心に説明する。

[0078] 本実施形態では、振動部 1 2 0 は、第 2 基部 1 3 2 の側面（短辺 1 3 2 c 側の面）に接続される保持腕 1 1 0 によって、枠体 1 4 0 a において保持部 1 4 0 に接続されている。また、振動腕 1 3 5 はいずれも錘 G を有していない。すなわち、振動腕 1 3 5 はそれぞれ固定端から開放端までの幅が一定である。その他の振動部 1 2 0 の構成は第 1 の実施形態と同様である。

[0079] 本実施形態では、保持腕 1 1 0 は、腕 1 1 1 a、1 1 1 b を有している。保持腕 1 1 0 は、一端が第 2 基部 1 3 2 の側面（短辺 1 3 2 c 側の面）に接続されており、そこから枠体 1 4 0 a に向かって延びている。そして、保持腕 1 1 0 は、枠体 1 4 0 a に向かう方向（Y 軸方向）に屈曲して、他端が枠体 1 4 0 a に接続されている。

[0080] 具体的には、本実施形態において腕 1 1 1 a は、第 2 基部 1 3 2 と枠体 1 4 0 c との間に、枠体 1 4 0 b に対向して、長手方向が X 軸方向に平行になるように設けられている。腕 1 1 1 a は、一端が、第 2 基部 1 3 2 の短辺 1 3 2 c 側の側面であってノードラインが生成される位置に接続されている。また、腕 1 1 1 a の他端は、その側面において腕 1 1 1 b に接続されている。腕 1 1 1 a は、Y 軸方向に規定される幅が $20\ \mu\text{m}$ 程度であり、X 軸方向に規定される長さが $40\ \mu\text{m}$ 程度である。

[0081] また、腕 1 1 1 b は、振動部 1 2 0 と枠体 1 4 0 c との間に、枠体 1 4 0

cに対向して、長手方向がY軸方向に平行になるように設けられている。腕111bは、一端が腕111aの他端であって、枠体140aに対向する側の側面に接続され、そこから腕111aに対して略垂直、すなわちY軸方向に延びている。また、腕111bの他端は、枠体140aに接続されている。腕111bは、例えばX軸方向に規定される幅が $20\mu\text{m}$ 程度であり、Y軸方向に規定される長さが $620\mu\text{m}$ 程度である。

[0082] このように、本実施形態に係る共振子10は、第2基部132と枠体140bとの間に保持腕110の腕を備えない構成である。従って、共振子10は、第2基部132と枠体140bとの間のスペースを狭くすることができるため、小型化を図ることができる。

その他の共振子10の構成・機能は第2の実施形態と同様である。

[0083] [第6の実施形態]

図11は、本実施形態に係る、共振子10の平面図の一例を示す図である。以下に、本実施形態に係る共振装置1の詳細構成のうち、第5の実施形態との差異点を中心に説明する。

[0084] 本実施形態において、保持腕110は、腕111a～111bに加え、腕111cを有している。なお、本実施形態に係る腕111b、111cの構成は、第3の実施形態における腕111b、111cの構成と同様である。

その他の構成、効果は第5の実施形態と同様である。

[0085] 以上、本発明の例示的な実施形態について説明した。本実施形態に係る共振子10は、各々が固定端と開放端とを有する3本以上の振動腕135であって、少なくとも2本が異なる位相で面外屈曲する、3本以上の振動腕135、3本以上の振動腕135の固定端に接続される第1前端131A、及び当該第1前端131Aに対向する第1後端131Bを有する第1基部131、第1基部131の第1後端131Bに対向する第2前端132A、及び当該第2前端132Aに対向する第2後端132Bを有する第2基部132、並びに一端が第1基部131の第1後端131Bの中央付近に接続され、他端が第2基部132の第2前端132Aの中央付近に接続される連結部13

3を有する振動部120と、振動部120の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部140と、振動部120と保持部140との間に設けられ、一端が第2基部132に接続され、他端が保持部140に接続される保持腕110と、を備える。これによって、本実施形態に係る共振子10は、第2基部132の第2後端132Bに沿ってノードラインを生成することができるため、保持腕110が第2基部132に接続可能な領域のうち、保持腕110が捩れモーメントの影響を受けにくい領域を広げることが可能になる。これによって、第2基部132から保持腕110への振動漏れの影響を低減することが可能となり、振動部120の振動が阻害されることを防ぐことができるので、共振装置1の共振周波数のシフトを抑制することができる。

[0086] また、連結部133の一端は、第1基部131の第1後端131Bにおいて、振動腕135のうち第1前端131Aの最も内側で第1基部131に接続された振動腕135B（135C）の、当該振動腕135B（135C）よりも外側で第1基部131に接続された振動腕135A（135D）に対向する面よりも内側で接続されることが好ましい。さらに、複数の振動腕135は、4本以上であって偶数本の振動腕を含み、偶数本の振動腕135のうち2本の振動腕135B，135Cが、第1基部131の第1前端131Aにおいてその中央付近を挟んで対称に第1基部131に接続され、連結部133の一端は、2本の振動腕135B，135Cにおける、当該2本の第1振動腕135B，135C同士が向き合う面に対向する面よりも内側で、第1基部131の第1後端131Bに接続されることも好ましい。この場合、より共振周波数のシフトを抑制することができる。

[0087] また、保持腕110の他端は、保持部140における、第2基部132の第2後端132Bよりも複数の振動腕135の開放端側の領域に接続されることも好ましい。この場合保持腕110は、屈曲点を有する構成となっている。これによって、保持腕110において回転モーメントの分散が生じるため、回転モーメントによる歪みが第1基部131及び第2基部132に集中することを低減することができ、周波数の変動を抑えることが可能になる。

[0088] また、本実施形態に係る共振装置は、上述の共振子 10 を備えることにより、共振周波数のシフトを抑制することができる。

[0089] 以上説明した各実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更／改良され得るととともに、本発明にはその等価物も含まれる。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実施形態が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。例えば、既述の実施形態において、保持腕 110 は 2 回以上折れ曲がる構成として説明したが、これに限定されない。保持腕 110 は、例えば、1 回も折れ曲がらず、第 2 基部 132 の第 2 後端 132 B と枠体 140 b とを接続する構成であってもよい。また、各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換または組み合わせが可能であることは言うまでもなく、これらも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

符号の説明

[0090]	1	共振装置
	10	共振子
	30	上蓋
	20	下蓋
	140	保持部
	140 a ~ d	枠体
	110	保持腕
	111 a ~ 114 a、11 b ~ 114 b	腕
	120	振動部
	131	第 1 基部
	132	第 2 基部
	135 A ~ D	振動腕

F 2

S i 基板

請求の範囲

- [請求項1] 各々が固定端と開放端とを有する3本以上の振動腕であって、少なくとも2本が異なる位相で面外屈曲する、3本以上の振動腕、
- 前記3本以上の振動腕の固定端に接続される第1前端、及び当該第1前端に対向する第1後端を有する第1基部、
- 前記第1基部の第1後端に対向する第2前端、及び当該第2前端に対向する第2後端を有する第2基部、並びに
- 一端が前記第1基部の第1後端の中央付近に接続され、他端が前記第2基部の第2前端の中央付近に接続される連結部
- を有する振動部と、
- 振動部の周囲の少なくとも一部に設けられた保持部と、
- 振動部と保持部との間に設けられ、一端が前記第2基部に接続され、他端が前記保持部に接続される保持腕と、
- を備える共振子。
- [請求項2] 前記連結部の前記一端は、
- 前記第1基部の前記第1後端において、前記3本以上の振動腕のうち前記第1前端の最も内側で前記第1基部に接続された第1振動腕の、当該第1振動腕よりも外側で前記第1基部に接続された第2振動腕に対向する面よりも内側で接続される、
- 請求項1に記載の共振子。
- [請求項3] 前記3本以上の振動腕は、4本以上であって偶数本の振動腕を含み、
- 前記偶数本の振動腕のうち2本の振動腕が、前記第1基部の前記第1前端において前記中央付近を挟んで対称に前記第1基部に接続され、
- 前記連結部の前記一端は、
- 前記2本の振動腕における、当該2本の第1振動腕同士が向き合う面に対向する面よりも内側で、前記第1基部の前記第1後端に接続さ

れる、

請求項 1 または 2 に記載の共振子。

[請求項4]

前記保持腕の他端は、

前記保持部における、前記第 2 基部の前記第 2 後端よりも前記 3 本以上の振動腕の開放端側の領域に接続される、

請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の共振子。

[請求項5]

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の共振子を備える共振装置。

[図1]

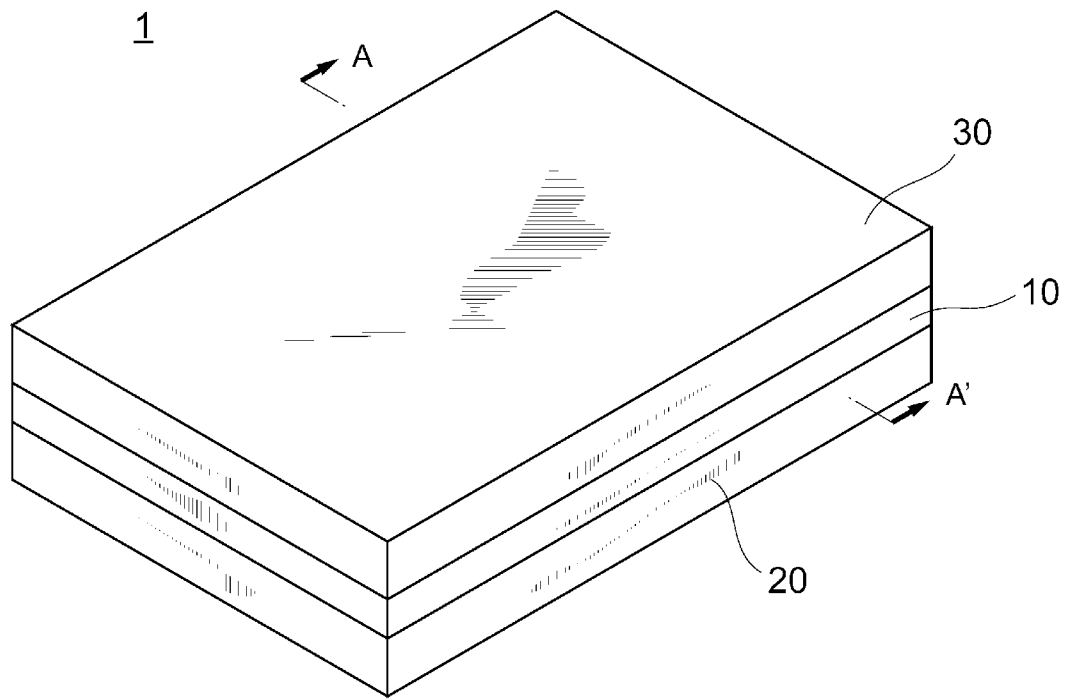


図 1

[図2]

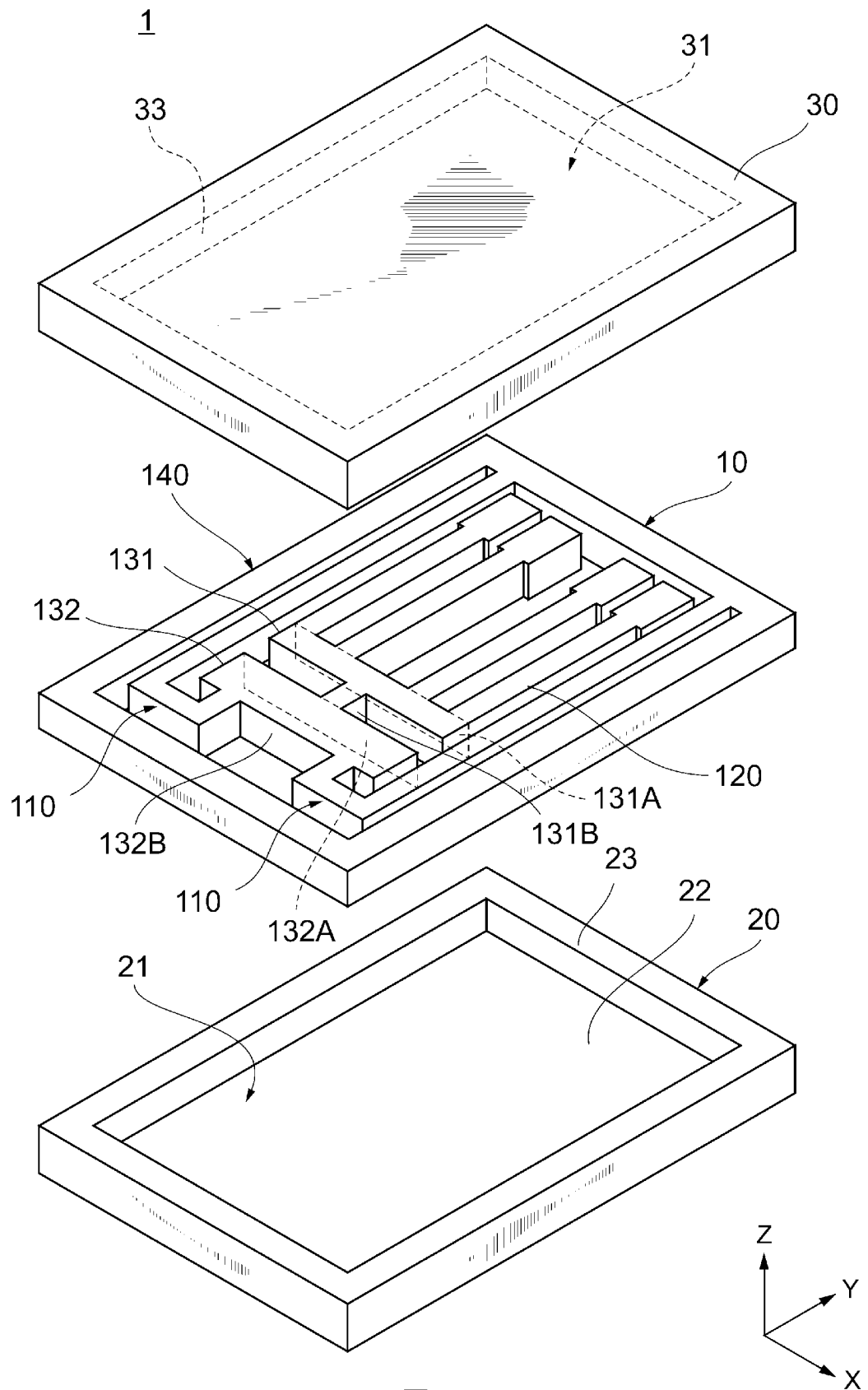


図 2

[図3]

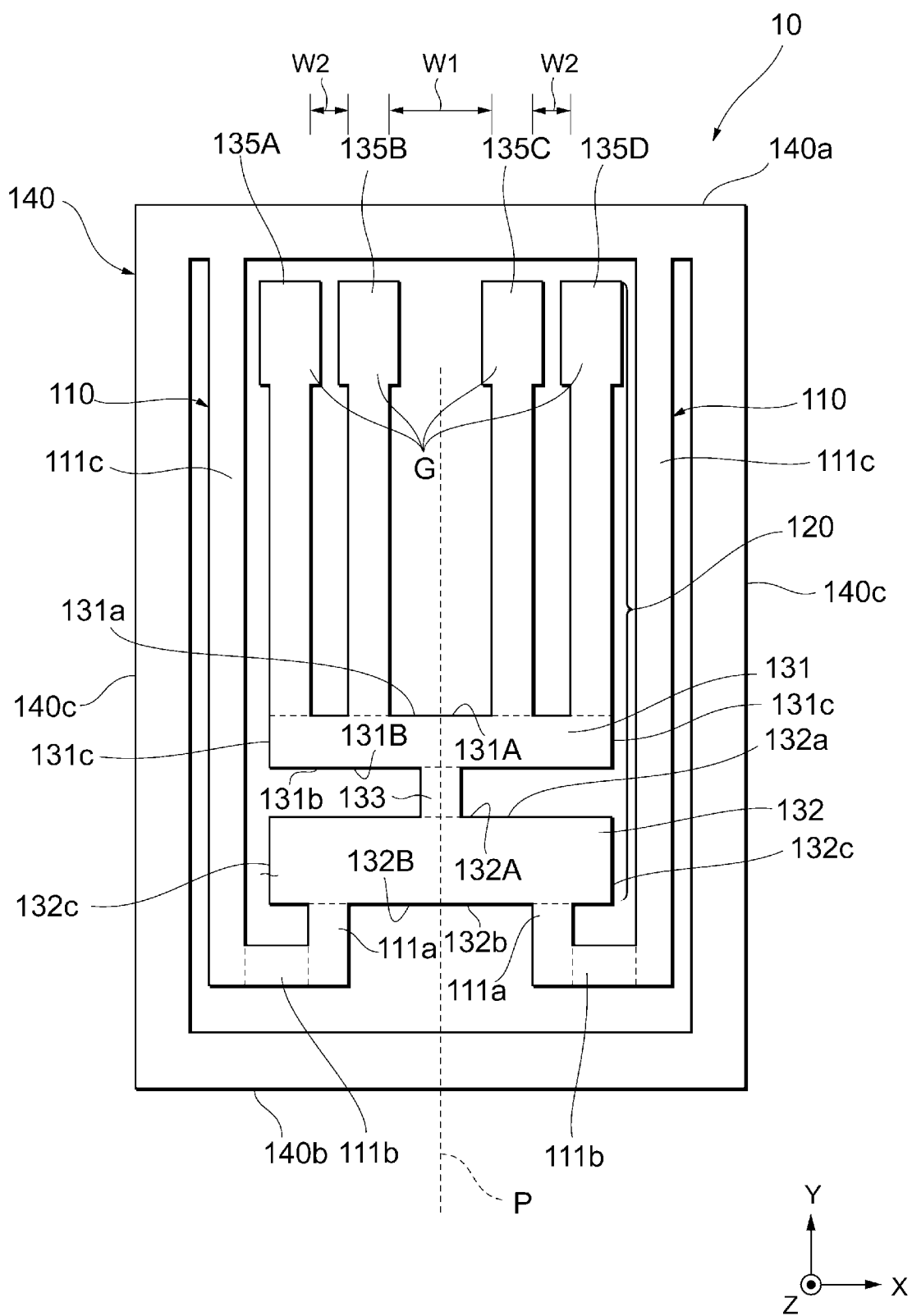


図 3

[図4]

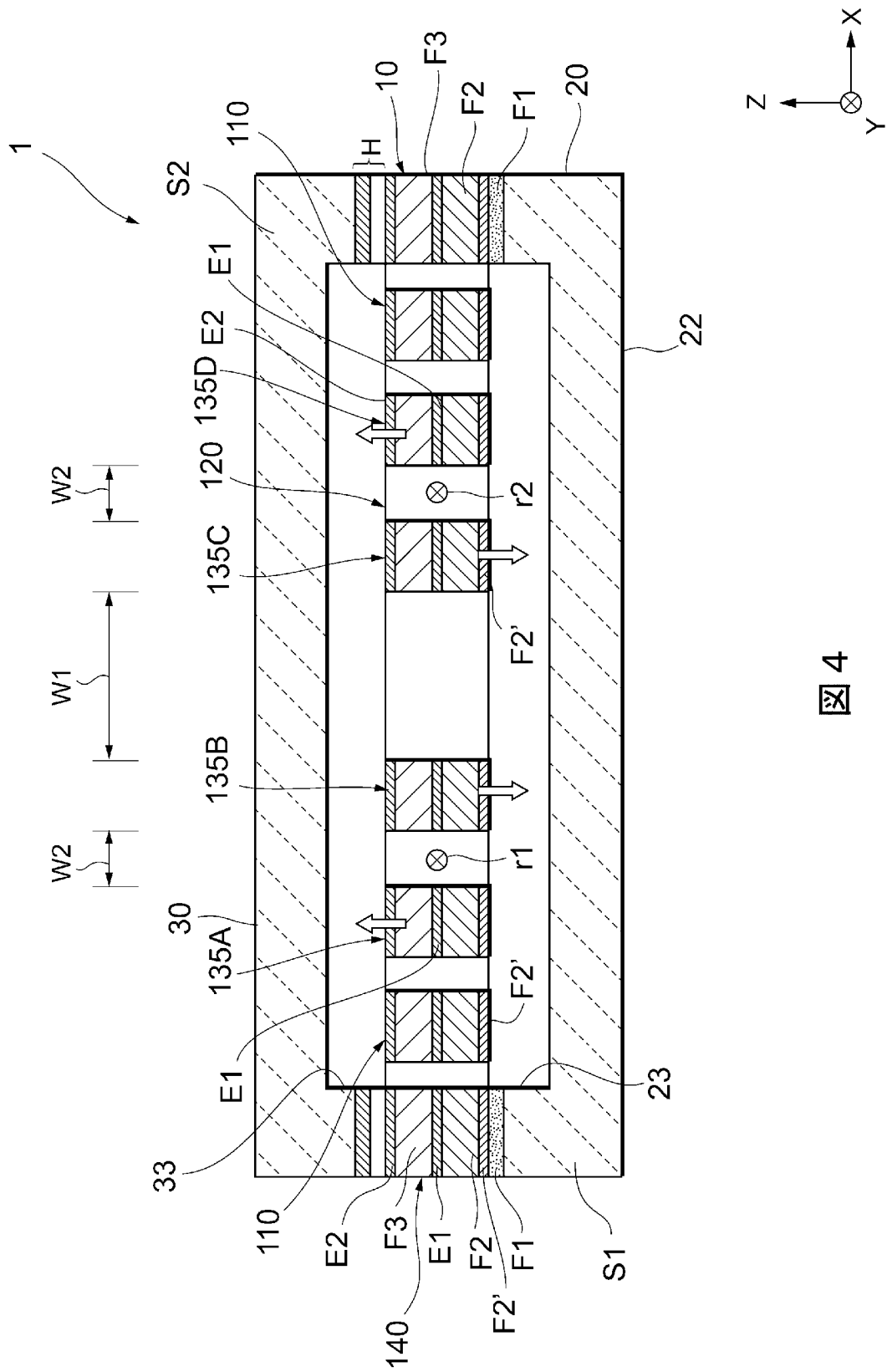


図 4

[図7]

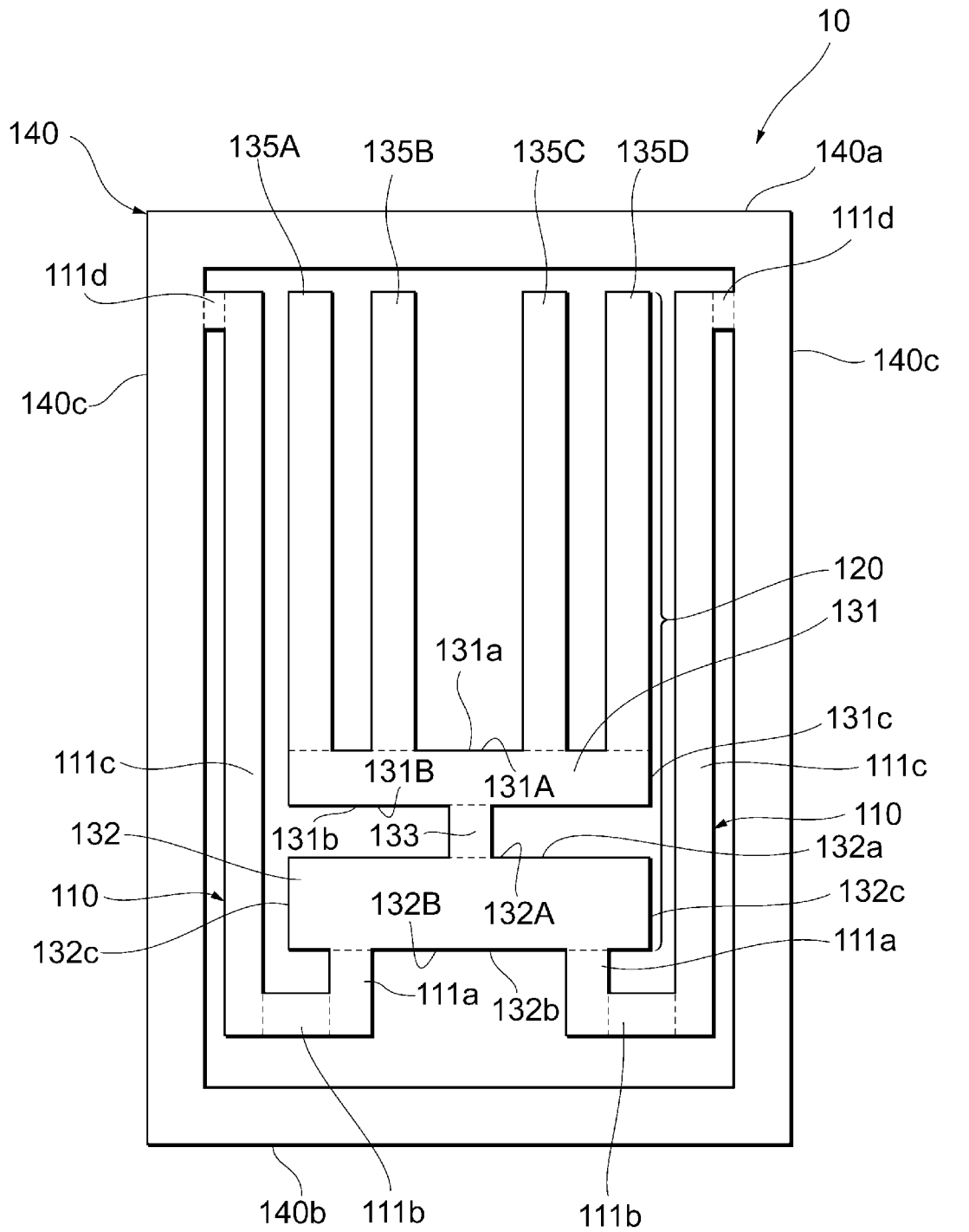


図 7

[図8]

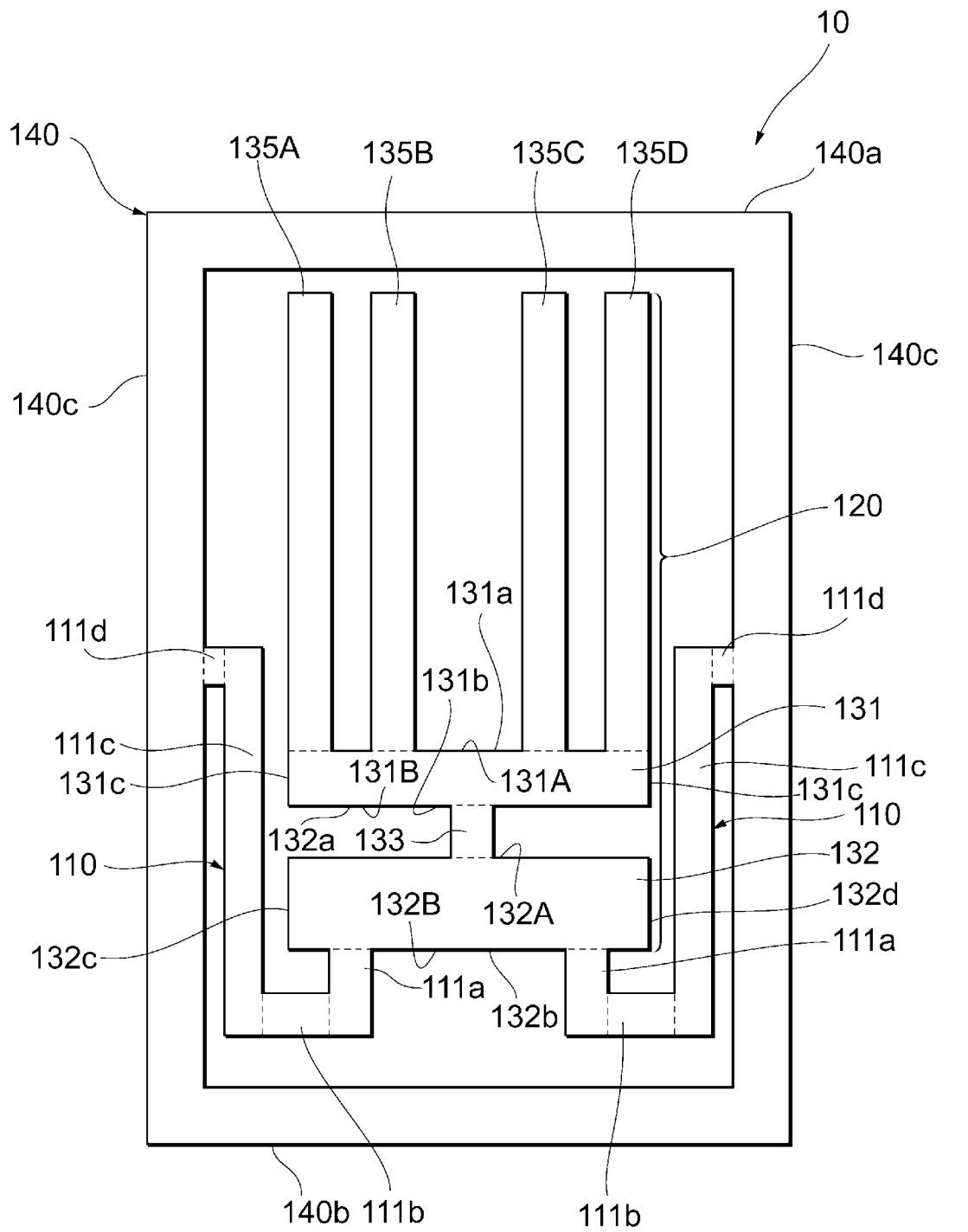
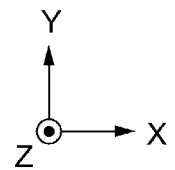


図 8



[図9]

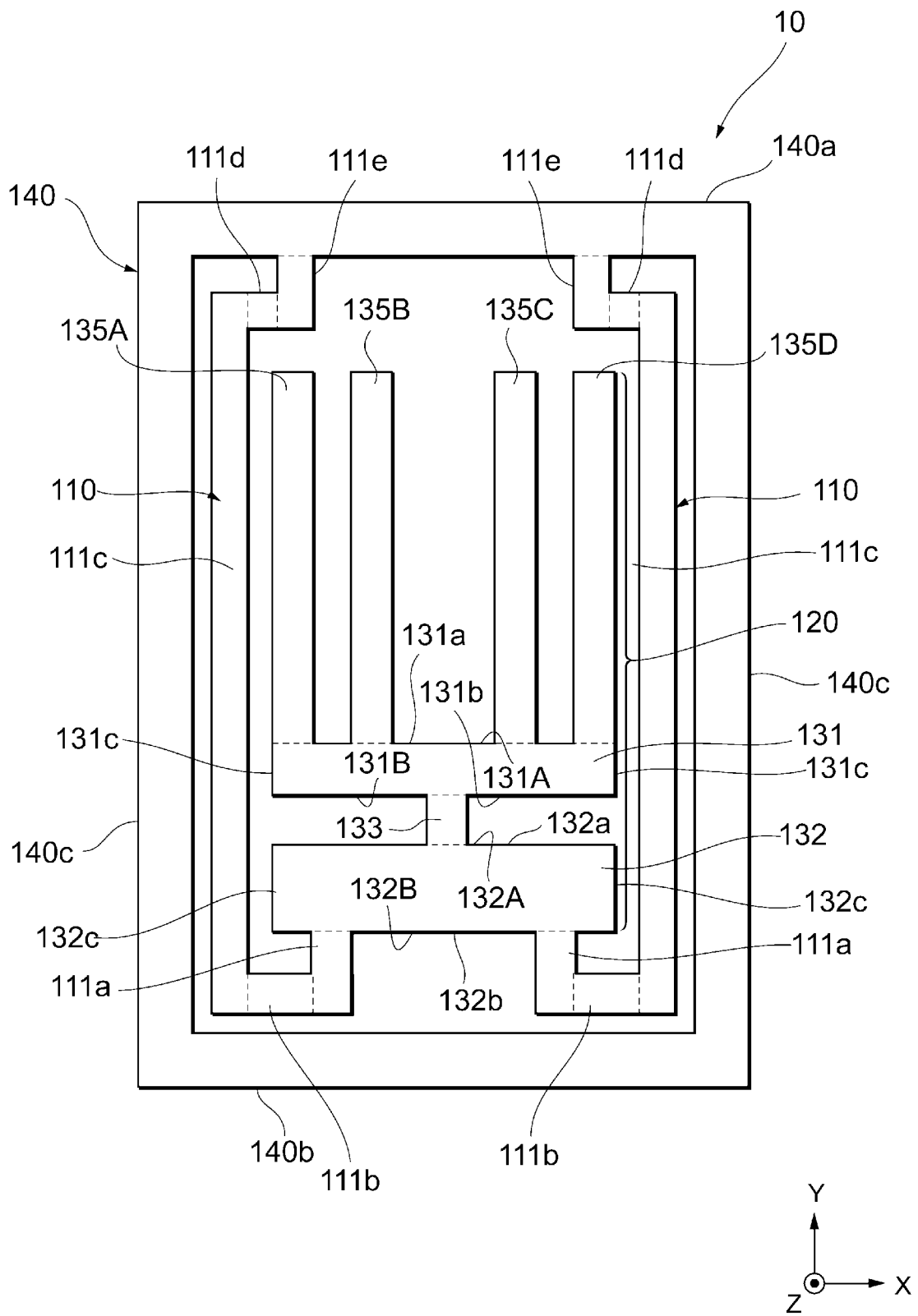


図 9

[図10]

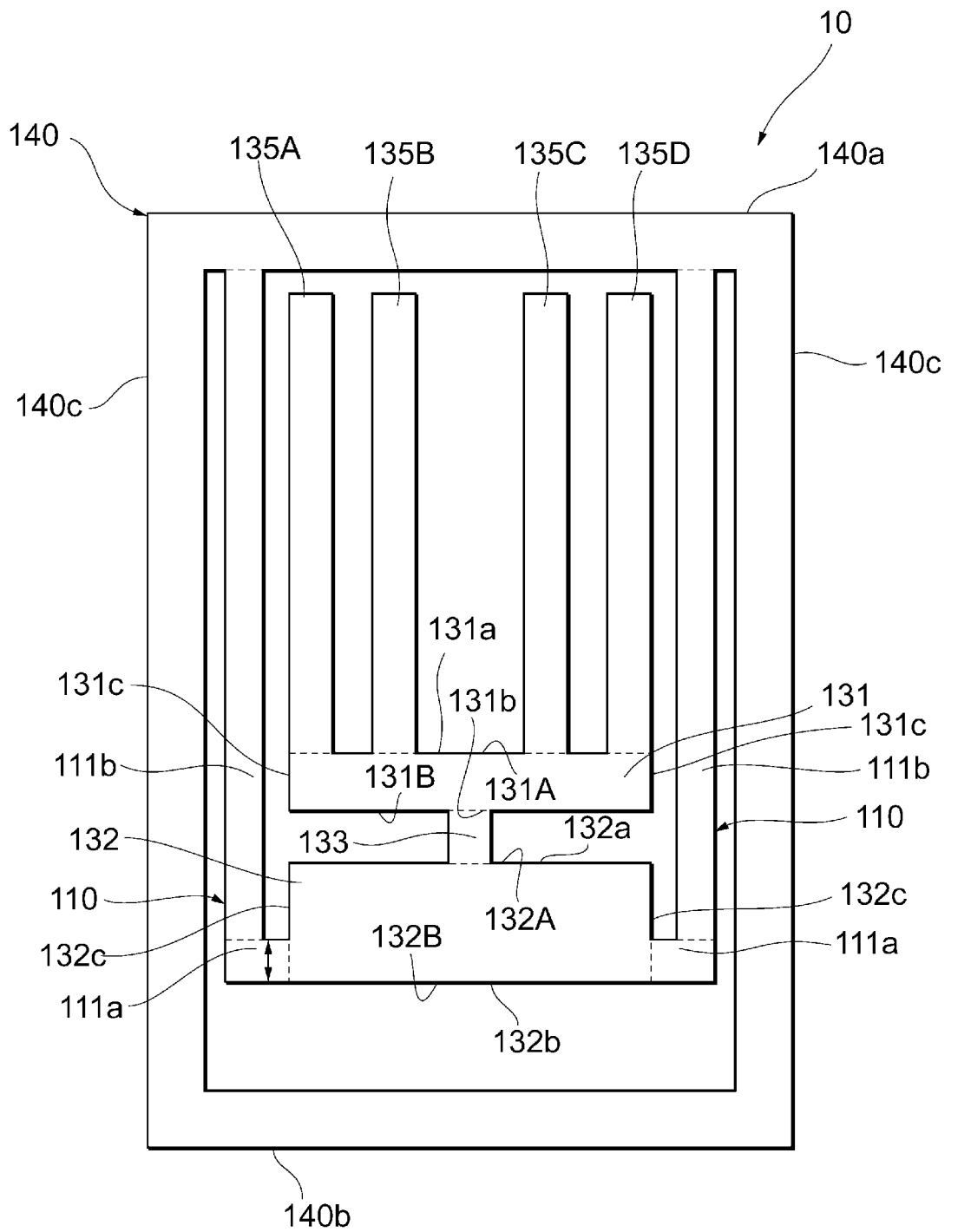


図 10

[図11]

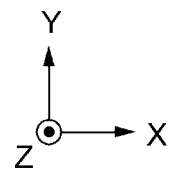
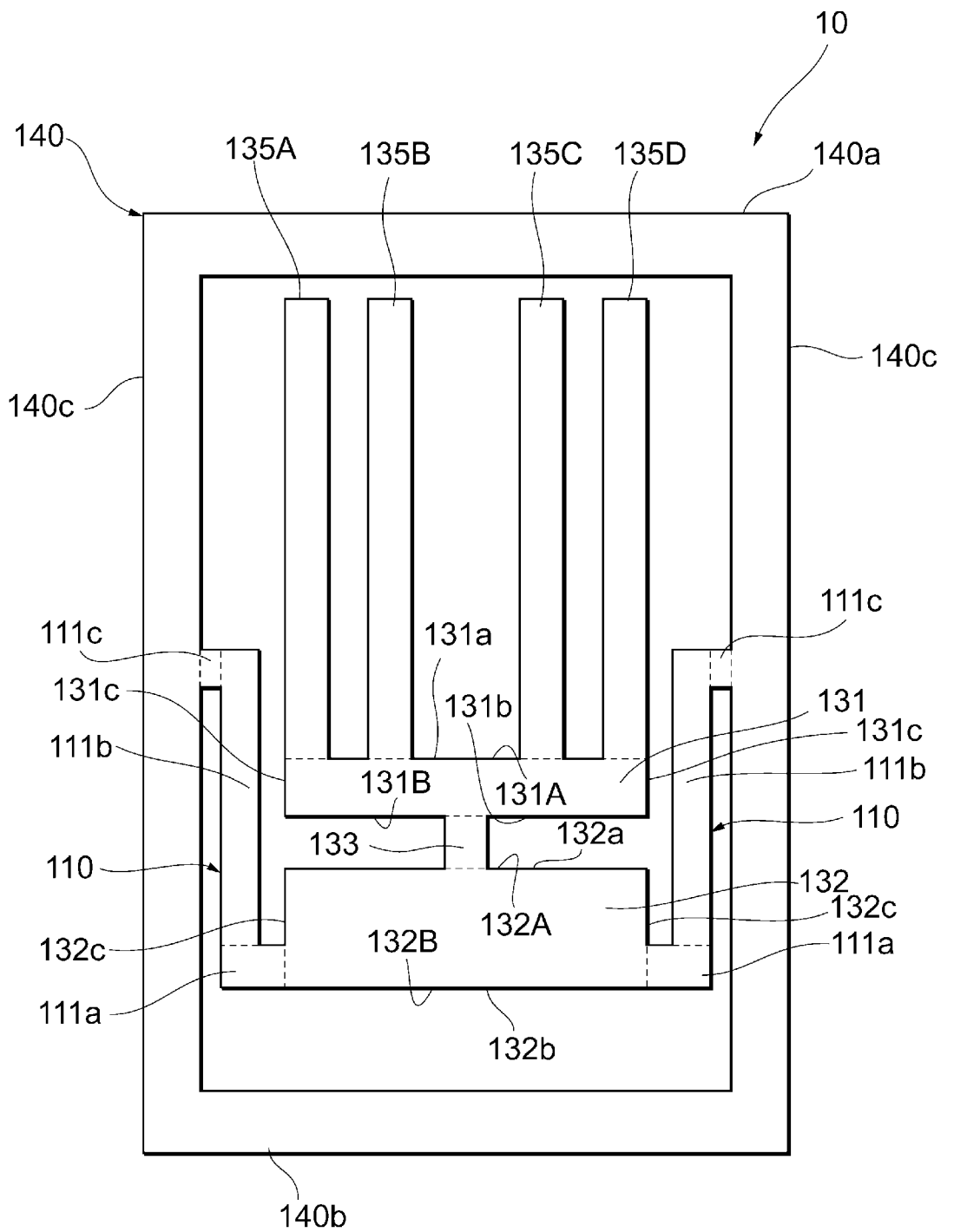


図 1 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/004266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03H9/24(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H03H9/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03H9/24, H01L41/09, H01L41/187, H03H9/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2016/052260 A1 (Murata Mfg. Co., Ltd.), 07 April 2016 (07.04.2016), paragraphs [0010] to [0020]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-3, 5 4
Y A	JP 2012-105044 A (Seiko Epson Corp.), 31 May 2012 (31.05.2012), paragraphs [0048] to [0056], [0086] to [0091]; fig. 2, 9 (Family: none)	1-3, 5 4
A	JP 2010-147666 A (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0020] to [0024]; fig. 1 & US 2010/0148634 A1 paragraphs [0028] to [0031]; fig. 1	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 March 2017 (01.03.17)

Date of mailing of the international search report
14 March 2017 (14.03.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H9/24(2006.01)i, H01L41/09(2006.01)i, H01L41/187(2006.01)i, H03H9/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H03H9/24, H01L41/09, H01L41/187, H03H9/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2016/052260 A1（株式会社村田製作所）2016.04.07, 段落 [0010]-[0020], 第1-4図（ファミリーなし）	1-3, 5 4
Y A	JP 2012-105044 A（セイコーエプソン株式会社）2012.05.31, 段落 [0048]-[0056], [0086]-[0091], 第2図, 第9図（ファミリーなし）	1-3, 5 4
A	JP 2010-147666 A（日本電波工業株式会社）2010.07.01, 段落 [0020]-[0024], 第1図 & US 2010/0148634 A1, [0028]-[0031], Fig.1	1-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.03.2017

国際調査報告の発送日

14.03.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

橋本 和志

5W

8388

電話番号 03-3581-1101 内線 3576